

Этап 6. Дефаззификация. Процедура, которая находит обычные управляющие воздействия (значения) для каждой из выходных лингвистических переменных.

Исследования показали, что при использовании описанной выше методологии можно за короткие сроки разрабатывать и вводить в эксплуатацию системы управления, наделенные элементами искусственного интеллекта в виде нечетких регуляторов целевой функции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зак Ю.А. Принятие решений в условиях нечетких и размытых данных: Fuzzy-технологии. – М.: «ЛИБРОКОМ», 2013. – 352 с.
2. Новак В., Перфильева И., Мочкрож И. Математические принципы нечёткой логики = Mathematical Principles of Fuzzy Logic. – Физматлит, 2006. – 352 с.

ВЛИЯНИЕ КРАЕВЫХ ЭФФЕКТОВ НА ЗНАЧЕНИЕ ЕМКОСТИ КОНДЕНСАТОРОВ

Е.А. Исаченко, Г.В. Вавилова, В.А. Скрипниченко
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
E-mail: wgw@tpu.ru

INFLUENCE OF EDGE EFFECTS ON THE CAPACITANCE VALUE OF CAPACITORS

E.A. Isachenko, G.V. Vavilova, V.A. Skripnichenko
National Research Tomsk Polytechnic University

Annotation. The study is devoted to determining the degree of edge effect influence on the electrical capacitance value of simple capacitors. In the environment of numerical simulation, models of a plane-parallel capacitor with round and square plates are build. As a result, it was shown that the presence of edge effects causes a change in the capacitance of the capacitor, and the effect also depends on the shape of the capacitor.

Емкостный метод является одним из основных методов неразрушающего контроля. Данный метод активно используется для решения широкого спектра задач:

- измерение геометрических размеров объекта контроля;
- измерение уровня жидкости или сыпучих материалов;
- контроль свойств и состава диэлектрических материалов;
- измерение влажности объектов контроля;
- и т.д [1–3].

Емкостный метод основан на преобразованиях измеряемой неэлектрической величины в емкостное сопротивление [4]. Емкостный датчик представляет собой конденсатор, у которого происходит изменение размеров обкладок, расстояния между ними, диэлектрической проницаемости среды между обкладками под влиянием измеряемой неэлектрической величины [2, 5].

В данной работе уделяется внимание плоскопараллельным конденсаторам, емкость которых рассчитывается по классической формуле

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot S}{\delta} \quad (1)$$

где S – площадь обкладки конденсатора, δ – расстояние между обкладками, ϵ_0 – электрическая постоянная, ϵ – относительная диэлектрическая проницаемость [6].

При использовании емкостных датчиков следует учитывать наличие краевых эффектов, которые возникают вследствие того, что электрическое поле внутри конденсатора отличается от однородного и проникает в наружное пространство

конденсатора [6, 7]. При расчете емкости по формуле (1) влияние краевых эффектов не учитывается [4, 8].

Цель данной работы провести исследование по определению степени влияния краевых эффектов на значение емкости плоскопараллельного конденсатора. Исследование проводилось путем численного моделирования [9, 10] в среде Comsol Multiphysics. В качестве модели использованы конденсаторы с обкладками разной формы, которые имеют следующие герметические размеры:

- Плоский конденсатор с обкладками квадратной формы с габаритными размерами: обкладки с длиной стороны $l = 20$ м; расстоянием между обкладками $\delta = 4$ см.
- Плоский конденсатор с обкладками круглой формы с габаритными размерами - обкладки с радиусом $R = 10$ см; расстоянием между обкладками $\delta = 4$ см;

Среда Comsol Multiphysics позволяет увидеть картину поля, которое возникает внутри и вокруг конденсатора [11, 12]. На рис. 1 показаны картины поля для конденсаторов с различными формами обкладок.

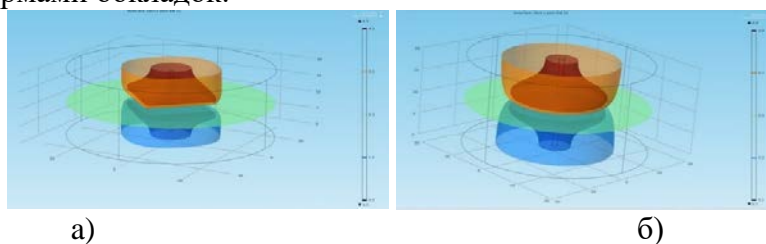


Рис. 1. Картина поля для плоскопараллельного конденсаторов при проявлении краевых эффектов: а – обкладка квадратной формы, б – обкладка круглой формы

Из рис.1 видно, что внутри конденсатора электрическое поле однородное, а на краях наблюдается его растекание. Оценить проявление краевых эффектов можно используя рассчитанные в среде Comsol Multiphysics значения емкости конденсатора. Значение емкости конденсатора при ограничении зоны расчета границами конденсатора принимается за исходное значение C_0 , изменение относительно которого можно принять за количественную оценку степени влияния краевых эффектов. Полученные значения проверены путем расчета емкости по формуле (1).

В таблице 1 приведены значения емкости конденсаторов разной формы при учете краевых эффектов и без их учета, а также значения погрешности, возникающей при отсутствии учета влияния краевых эффектов.

Таблица 1 – Значение емкости различных конденсаторов

Форма конденсатора	Полученные значения без воздействия краевых эффектов, пФ	Полученные значения с воздействия краевых эффектов, пФ	Погрешность, %
Плоский конденсатор с обкладками квадратной формы	6,419	8,847	36,295
Плоский конденсатор с обкладками круглой формы	4,033	4,568	13,278

Анализ данных показывает, что наличие краевых эффектов искажает значение емкости конденсатора, причем степень влияния зависит от формы обкладок конденсатора.

В работе проведены исследование влияния краевых эффектов на емкость плоскопараллельных конденсаторов различных форм. Для оценки влияния были рассмотрены плоскопараллельные конденсаторы с обкладками квадратной формы и плоскопараллельные конденсаторы обкладками круглой формы.

При сравнении формы плоскопараллельного конденсатора можно сделать вывод, что в конденсаторах с обкладками квадратной формы краевые эффекты оказывают большее

влияние на емкость, чем в конденсаторе с обкладками круглой формы при равных значениях площадей обкладок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гольдштейн А.Е., Абрашкина И.А. Физические основы измерительных преобразований. Моделирование измерительных преобразований и решение практических задач: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – 139 с.
2. Джежора А.А. Моделирование и методы электроемкостного контроля ортотропных сред на основе применения зеркально-симметричных преобразователей: автореф. дисс. д-ра техн наук: 05.11.13/ А.А. Джежора; ИПФ НАН Беларуси. – М., 2013. – 44 с.
3. Восколович Д.А., Вавилова Г.В., Белик М.Н. Контроль толщины гальванических покрытий // Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации (Сагиновские чтения №12): труды Международной научно-практической online-конференции: в 2-х ч. – Караганда: Издательство КарГТУ– 2020. – Ч. 1. – С. 908–910.
4. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики: учебник в электронном формате. – М.: Академия, 2014. – 720 с.
5. Гольдштейн А. Е. Физические основы получения информации: учебник для прикладного бакалавриата. – М.: Юрайт, 2020. – 292 с.
6. Иоссель Ю.Я., Кочанов, Э.С., Струнский. М.Г. Расчет электрической емкости. – Л.: Энергоиздат, 1981.– 288 с.
7. Говорков В.А. Электрические и магнитные поля. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1968. – 487 с.
8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2017614049 Российская Федерация. Виброрегистратор-М2 / А.Н. Гаврилин, К.В. Серябряков, К.В. Мельнов, А.Р. Хайруллин, Б.Б. Мойзес; заявитель и правообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». – № 2017611112; заявл. 13.02.2017; опубл. 05.04.2017. – 1 с.
9. Самарский А.А. Математическое моделирование: идеи, методы, примеры. – М.: Физматгиз, 2002. – 320 с.
10. Goldshtein A.E., Vavilova G.V., Belyankov V.Y. An electro-capacitive measuring transducer for the process inspection of the cable capacitance per unit length in the process of production // Russian Journal of Nondestructive Testing. – 2015. – vol.51. –no.2. – P. 86-93.
11. Вавилова Г.В., Чапайкина А.В. Моделирование электроемкостного измерительного преобразователя для контроля погонной емкости электрического кабеля в процессе производства // Вестник науки Сибири: электронный научный журнал. – 2014. – № 4 (14). – С. 44–52
12. Исаченко Е.А., Вавилова Г.В., Белик М.Н. Исследование влияния краевых эффектов на значение емкости конденсатора // Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации (Сагиновские чтения №12): труды Международной научно-практической online-конференции: в 2-х ч. – Караганда: Издательство КарГТУ– 2020. – Ч. 1. – С. 928–930.